



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Journée technique d'information et
de retour d'expérience
de la gestion des sites et sols pollués**

Mardi 5 décembre 2023

**Organisée par l'Ineris et le BRGM, en concertation avec
le Ministère de la Transition écologique
et de la Cohésion des territoires**



*maîtriser le risque |
pour un développement durable*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Valérie Bert

Ineris

1. Renaturation: un REX après 20 ans de suivi

Objectifs

- Evolution de la dynamique végétale sur un sol pollué à partir d'espèces herbacées sélectionnées

Hypothèse: Le processus de succession végétal est le même que sur un sol non pollué.

- Réduction des transferts sol-plante de polluants (métaux et métalloïdes) en présence d'amendement du sol

Hypothèse: La végétation combinée à un amendement du sol permet de couper les voies de transfert des polluants.

Méthodologie

Préparation du dispositif expérimental (9 parcelles de 20m²)
Ajout d'amendements du sol (x2)
Semis d'espèces herbacées pérennes (x2)



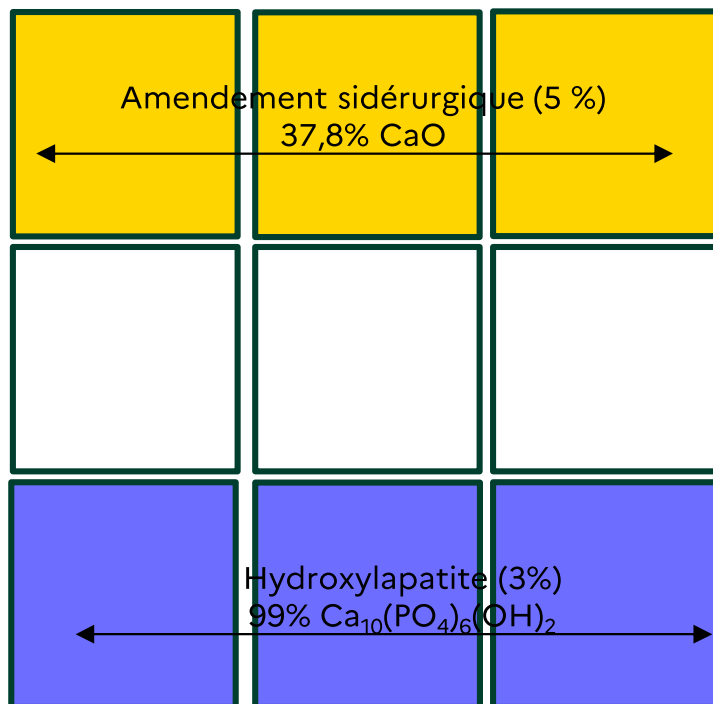
Mesures régulières
et *ponctuelles*:

Végétaux	Sols
Inventaire floristique, recouvrement, indices de diversité	PACK « AGRO »
Concentrations polluants métalliques (parties aériennes)	Concentrations polluants métalliques totales, extractibles (CaCl ₂ 0,01M), séquentielles, +DRX, MEB-EDS
<i>Densité racinaire</i>	<i>Diversité et régime alimentaire des collemboles</i>
<i>Santé des plantes: activités enzymatiques antioxydantes (parties aériennes), fluorescence chlorophyllienne</i>	<i>Biomasse bactérienne</i>
	<i>Ecotoxicité</i>

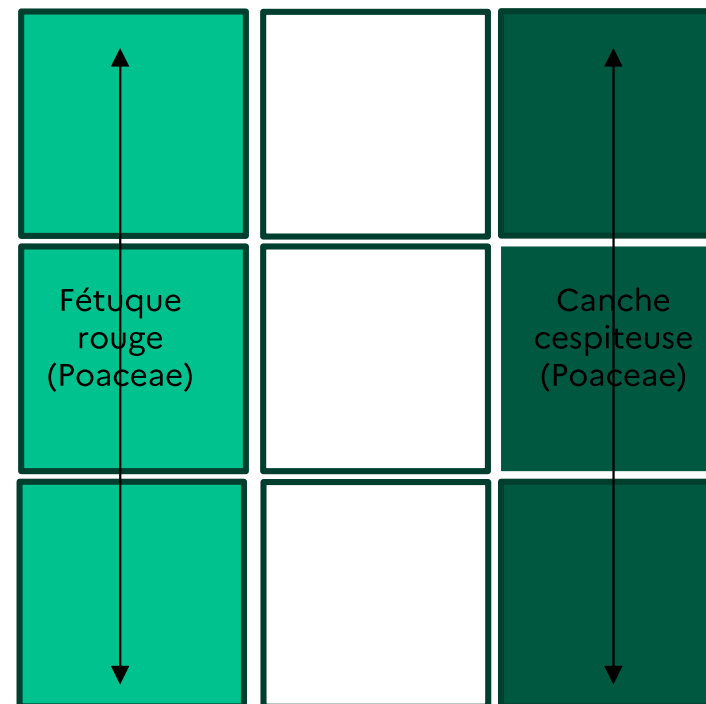
(mg kg ⁻¹ PS)	Cd	Pb	Zn	As	Cu
Sol	84 ± 2	448 ± 82	3250 ± 319	53 ± 4	93 ± 13
Environnement local témoin	0,4	27	75	8	17
Aspitet (VAS)	0,05-0,45	9-50	10-100	1-25	2-20

Méthodologie

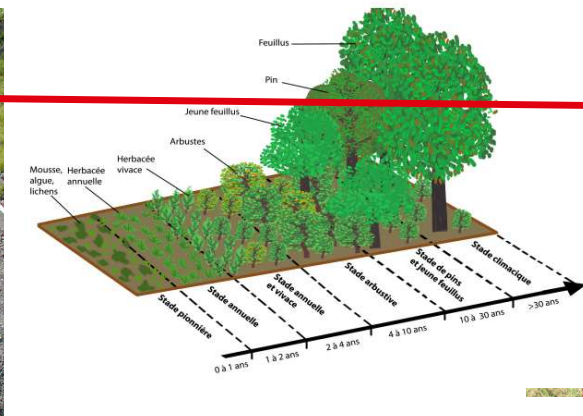
Sélection d'amendements du sol



Sélection d'espèces végétales



Suivi dans le temps 2002 → 2023



Suivi dans le temps

T+ 1 mois



Fétuque rouge (Fr)
+ amendement sidérurgique



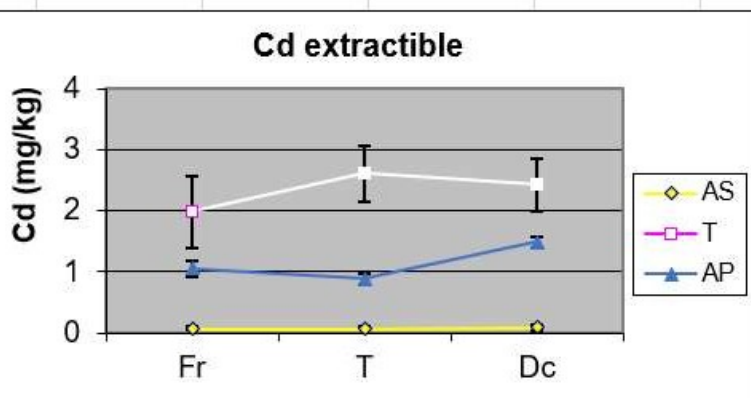
Canche cespiteuse (Dc)
+ amendement sidérurgique



Suivi dans le temps 2002 → 2023



Suivi dans le temps 2002 → 2023



Cd (%)	Pb (%)	Fraction	
65 ± 9 ↘5-10	5 ± 2 ↘2-4	échangeable	+ mobile ↑
29 ± 7	18 ± 14	réductible	
4 ± 1	4 ± 5	oxydable	
2 ± 2	73 ± 18	résiduelle	- mobile ↓

* % de la concentration totale

→ Réduction de la fraction échangeable en présence d'amendements et de végétation herbacée vivace et annuelle

Suivi dans le temps 2002 → 2023

Indicateurs biologiques:

- diversité floristique
- santé des plantes
- habitat (microfaune)
- abondance bactérienne

Ecotoxicité du sol

Transferts de polluants sol-
plante

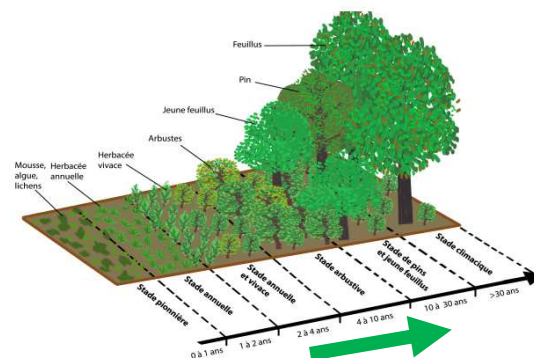
(Bert et al. 2012)

Table 8

Treatments (NT = Untreated, HA = Hydroxyapatite, TBS = Thomas Basic Slag) ranked according to 24 variables describing optimal features of plant, faunal and microbial communities and sediment toxicity. Average ranks are indicated by mean \pm standard deviation.

Variable	NT	HA	TBS
Plant, faunal and microbial communities good health			
Vegetation succession state	2	1	3
Plant species richness	2	1	3
Plant species diversity	2	1	3
Plant species equitability	2.5	1	2.5
Fv/Fm in <i>U. dioica</i>	2	1	3
Collembola abundance	3	2	1
Collembola species richness	2	3	1
Collembola species diversity	2	3	1
Collembola species equitability	1	3	2
Total bacteria abundance	3	2	1
Sediment toxicity			
Cd mobility	3	2	1
Zn mobility	3	2	1
Microtox	3	2	1
Algal test	2.5	2.5	1
Cd in <i>C. epigejos</i>	2	3	1
Zn in <i>C. epigejos</i>	3	2	1
Cd in <i>Urtica</i>	3	2	1
Zn in <i>Urtica</i>	3	2	1
SOD in <i>C. epigejos</i>	3	1	2
CAT in <i>C. epigejos</i>	3	1	2
APX in <i>C. epigejos</i>	3	1	2
SOD in <i>U. dioica</i>	2	1	3
CAT in <i>U. dioica</i>	2	1	3
APX in <i>U. dioica</i>	2	1	3
Average rank	2.46 \pm 0.57	1.73 \pm 0.76	1.81 \pm 0.9

Conclusions



1. Renaturation: un REX après 20 ans de suivi

• **Le processus de succession végétal est le même que sur un sol non pollué:**

→ présence de concentrations totales en polluants métalliques dans le sol n'empêche pas l'installation et le maintien des espèces végétales.

→ mise en évidence d'une dynamique qui évolue avec le temps (diversité) non liée à la pollution du sol et qui peut être modifiée (accélération ou retard) par des facteurs en lien avec le sol et ses caractéristiques (pH) et les pratiques de gestion (agronomiques, agricoles ou écologiques). Cette dynamique aboutit au stade forestier, peu favorable au recouvrement total du sol.

→ la pérennité de la couverture végétale ne peut être conservée qu'aux stades herbacé et arbustif, ce qui nécessite des mesures de gestion.

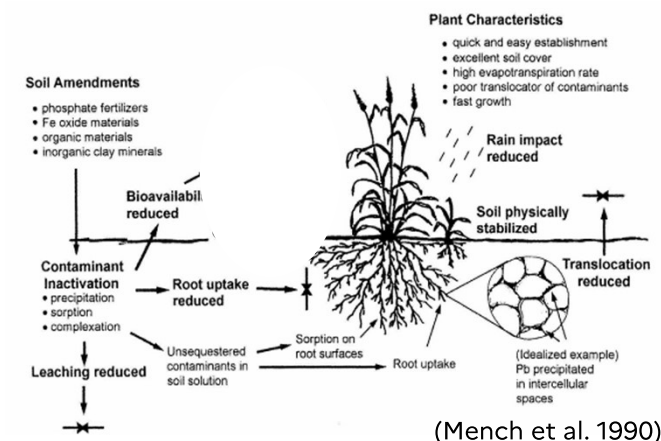
Conclusions

- **La végétation combinée à un amendement du sol permet de couper les voies de transfert des polluants.**

→ la végétation limite les transferts de polluants métalliques par ruissellement et lixiviation (évapotranspiration), par envol de poussières (couverture du sol) et permet d'éviter le contact direct avec le sol (couverture du sol)

→ une végétation bien choisie permet de limiter les transferts de polluants métalliques dans la chaîne trophique (poacées, non comestibles/appétentes).

→ la synergie d'un amendement avec la végétation limite toute l'année les transferts des polluants par ruissellement et lixiviation et leur absorption par les végétaux (mobilité des polluants réduite).



Conclusions

- La végétation combinée à un amendement du sol permet de plus d'améliorer les fonctionnalités du sol pollué.

Remerciements



Projets: Meresbio, Phytostab, Phytosed, Evalphyto